

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-217614  
(43)Date of publication of application : 10.08.1999

(51)Int.Cl. C21B 11/00  
C22B 5/10

(21)Application number : 10-019997  
(22)Date of filing : 30.01.1998

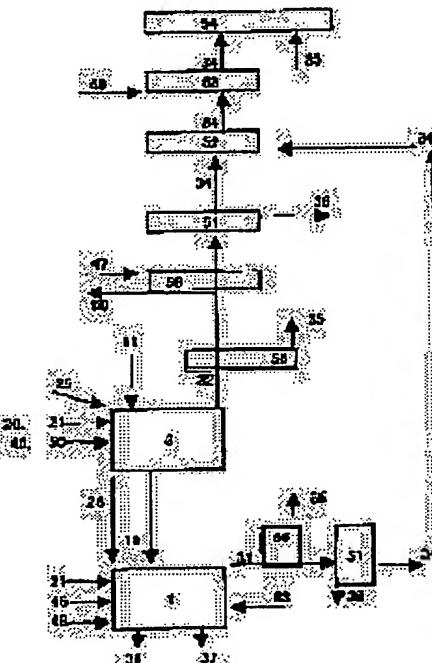
(71)Applicant : NKK CORP

(72) Inventor : IWASAKI KATSUHIRO  
ISOZAKI SHINICHI  
KAWAKAMI MASAHIRO  
SAWADA TERUTOSHI  
SEKIGUCHI TAKESHI  
WATABE MASAYUKI

#### (54) SMELTING REDUCTION METHOD OF METAL

(57) Abstract:

(37) **Abstract**  
**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a continuously smelting reduction method of oxide or hydroxide ore small in oxygen consumption and a gas producing quantity.  
**SOLUTION:** A reaction furnace having a function of which a carbonaceous material is brought into direct contact with oxide or hydroxide ore, is used as a pre-reduction furnace 3, the metallization of the ore is made high and de-volatilized coal is used as the carbonaceous material 21 and an oxygen-containing gas is blown into an iron bath type smelting furnace 1. The carbonaceous quantity charged into the pre-reduction furnace 3 is regulated to the necessary quantity or more to which the whole quantity of ore 11 is pre-reduced and metallized. As a direct contacting reaction furnace of the carbonaceous material with the ore, a rotary kiln or a rotary hearth is used. The de-volatilized coal is used into the iron bath type smelting furnace without executing the pre-reducing treatment. The smelting reduction process inexpensive in an equipment cost can be provided.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 予備還元炉に炭材及び酸化物ないし水酸化物鉱石を装入し、前記炭材で前記酸化物ないし水酸化物鉱石を予備還元し、こうして予備還元処理を施された酸化物ないし水酸化物鉱石と、炭材とを、金属浴型製錬炉に装入しつつ、前記金属浴型製錬炉内に常温ないし予熱された酸素20%以上含有するガスを吹き込んで溶融金属を製造する金属の溶融還元製錬方法において、前記予備還元処理を施された酸化物ないし水酸化物鉱石として、下記(イ)の工程で予備還元されたものを用いることを特徴とする、金属の溶融還元製錬方法。

工程(イ)：炭材と酸化物ないし水酸化物鉱石とを直接接触させる機能をもつ反応炉を用い、前記反応炉に炭材及び酸化物ないし水酸化物鉱石を装入し、前記酸化物ないし水酸化物鉱石の少なくとも一部分を金属化するまで還元し、こうして金属化された金属を少なくとも一部含む酸化物ないし水酸化物鉱石を調製する工程。

【請求項2】 金属浴型製錬炉に炭材及び予備還元処理を施された酸化物ないし水酸化物鉱石を装入しつつ、前記金属浴型製錬炉内に常温ないし予熱された酸素20%以上含有するガスを吹き込んで溶融金属を製造する金属の溶融還元製錬方法において、前記金属浴型製錬炉に装入される、炭材及び前記予備還元処理を施された酸化物ないし水酸化物鉱石のそれぞれに、下記(ロ)の工程で予備還元処理を施された酸化物ないし水酸化物鉱石及び炭材のそれぞれを含ませることを特徴とする、金属の溶融還元製錬方法。

工程(ロ)：炭材と酸化物ないし水酸化物鉱石とを直接接触させる機能をもつ反応炉を用い、前記反応炉に炭材及び酸化物ないし水酸化物鉱石を装入し、前記酸化物ないし水酸化物鉱石の少なくとも一部分を金属化するまで還元し、こうして金属化された金属を少なくとも一部含む酸化物ないし水酸化物鉱石と、脱揮されて生成したチャーチを少なくとも一部含む炭材とを調製する工程。

【請求項3】 前記予備還元炉に装入する前記炭材の量は、前記酸化物ないし水酸化物鉱石の全量が予備還元されて金属化するために化学量論的必要量以上の量とすることを特徴とする、請求項1又は2記載の金属の溶融還元製錬方法。

【請求項4】 前記予備還元炉に装入する前記炭材は、脱揮されて生成したチャーチを含んでいることを特徴とする、請求項1～3記載の発明の内、いずれか一つの金属の溶融還元製錬方法。

【請求項5】 前記予備還元炉は、ロータリーキルン型又はロータリーハース型の反応炉であることを特徴とする、請求項1～4記載の発明の内、いずれか一つの金属の溶融還元製錬方法。

【請求項6】 金属浴型製錬炉に炭材及び酸化物ないし水酸化物鉱石を装入しつつ、前記金属浴型製錬炉内に常温ないし予熱された酸素20%以上含有するガスを吹き

込んで溶融金属を製造する金属の溶融還元製錬方法において、

前記金属浴型製錬炉に装入する前記炭材として、予め少なくとも一部が脱揮された炭材を用いることを特徴とする、金属の溶融還元製錬方法。

【請求項7】 酸化物ないし水酸化物鉱石を予熱及び／又は予備還元し、得られた予熱及び／又は予備還元された酸化物ないし水酸化物鉱石を、前記金属浴型製錬炉に装入することを特徴とする、請求項6記載の金属の溶融還元製錬方法。

【請求項8】 前記金属浴型製錬炉に装入する前記炭材は、前記予熱及び／又は予備還元時に少なくとも一部が脱揮された炭材を用いることを特徴とする、請求項8記載の金属の溶融還元製錬方法。

【請求項9】 前記予備還元は、ロータリーキルン型又はロータリーハース型の反応炉を用いて行なうこと特徴とする、請求項7又は8記載の溶融還元製錬方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、金属浴型製錬炉に炭材及び予備還元処理を施された酸化物ないし水酸化物鉱石を装入しつつ、その金属浴型製錬炉内に常温ないし予熱された酸素20%以上含有するガスを吹き込んで溶融金属を製造する金属の溶融還元製錬方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、溶銑は高炉法により製造されている。高炉法による溶銑製造においては、鉱石の還元材及び燃料としてコークスが用いられ、一方、鉱石は焼結鉱の形態に調製されて用いられる。従って、コークス炉や焼結機設備の操業が必須となる。そして、これら設備の操業においては厳しい環境対策が要求される。また、コークス用原料炭としては強粘結炭が必要であり、その資源不足が懸念されることや、世界における鉄源及びスクランプは地域的に偏在しているという問題等がある。更に、高炉設備の建設には莫大な費用を要すること、また、高炉による溶銑製造能力と製鉄所における溶銑の需給バランス及び需給タイミングの観点から、製鉄所の立地条件に依存して小回りのきく溶銑製造方法が要請される。

【0003】 そこで、上記問題を解決するために、高炉法によらない溶銑の製造方法として従来、いくつかの技術が開発・研究されている。例えば、①「新鉄源の最近の動向」日本鉄鋼協会製鉄プロセスフォーラム、平成8年9月29日、p42、②「石炭直接利用製鉄技術の研究」日本鉄鋼連盟、1996年6月、③「第165、166回西山記念技術講座」1997、p149、④「第165、166回西山記念技術講座」1997、p117、⑤MPT International (1997) pp50-61、及び⑥CAMP-ISIJ (1997) 723がある。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上述した先行技術は、それぞれ次の利点及び問題点を有する。以下、それについて説明する。

【0005】 上記文献に紹介された技術の内、代表的なものの一つとしてDIOS法が提案されている。この方法は、炭材を常温ないし予熱された酸素20%以上含有するガスで二次燃焼させ、発生した熱で鉄鉱石を連続的に溶融還元製錬するプロセスである。このプロセスにおいては、酸素消費量およびガス発生量を低減し、設備費用が安価な溶融還元プロセスの開発が重要になり、各種プロセスの研究開発が行なわれ、提案されている。

【0006】 例えば、「新鉄源の最近の動向」日本鉄鋼協会製鉄プロセスフォーラム（平成8年9月29日）p 42～51、及び「石炭直接利用製鉄技術の研究」日本鉄鋼連盟（1996年6月）（両方併せて、以下、先行技術1という）には、通称「DIOS法」（Direct Iron Ore Smelting Reduction process）が開示されている。DIOS法は、粉鉄鉱石を流動層予備還元炉で700～800℃まで予熱し、粉鉄鉱石を予備還元炉で予備還元率20%前後まで還元する。次いで、予備還元された鉱石を、溶融還元炉へ装入し、炭材及び熱源として石炭を用い、溶融還元炉内に酸素ガスを吹き込む。溶融還元炉は、鉄浴型製錬炉であり、炭材として一般炭を用いることができる。また、連続操業が可能なプロセスでもある。

【0007】 この方法では、予備還元炉として流動層炉を用いるので、シャフト炉のような通気性の問題がなく、鉱石粒度は、鉄鉱石粒径として8mm程度以下のいわゆるシンターフィードを使用できる利点を有する。しかしながら、還元材は二次燃焼タイプの溶融還元炉からの排ガスのみを使用するので、熱力学的に流動層炉での到達予備還元率は33%を超えることはできない。図1-1に、流動層による鉄鉱石の還元操業が不可能な二次燃焼率と予備還元率との領域を示し、また、従来の各種溶銑製造法における二次燃焼率と予備還元率との関係領域を示す。流動層炉では、また石炭原単位は700kg/t以上、酸素原単位がほぼ500Nm<sup>3</sup>/t以上、生成ガスの頭熱・潜熱が1～2Gcal/tとなる。このような状況下にあるプロセスを成立させるための酸素プラントやガス処理・エネルギー転換プラントの規模は極めて大きくなり、溶融還元炉本体設備費と同程度の高額な付帯設備費がかかることが、問題点の1つである（問題点1）。

【0008】 DIOS法は、原料・燃料の自由度が大きいという点で大変すぐれているものの、上記問題点1のように設備費が莫大となるために、低品質の石炭である褐炭乃至亜レキ青炭、及び、低品質の鉱石である褐鉄鉱乃至水酸化鉄鉱といったものを実際に活用することが困難であった。

10

【0009】 DIOS法における上記問題点の改善を目指して、例えば、石炭原単位・酸素原単位の低減と生産性の向上を図るために、溶融還元炉内の二次燃焼率を上昇させていった場合、通常の製錬炉におけるように耐火物炉壁を用いた場合には、炉体寿命がせいぜい数十から数百時間しかもたない。そのために、炉壁には水冷構造を採用せざるをえない。この対策として、炉壁に水冷パネルを用いた場合でも、先行技術2にあるように、二次燃焼率が40%近傍まで高めた場合には、炉壁の熱負荷が増大し、300Mcal/m<sup>2</sup>h以上に上昇し、炉からのヒートロスが増大すること、及び、水冷構造体を維持するために大量の冷却水が必要となることから、二次燃焼率をこれ以上大きくすることは非現実的であると考えられてきた（問題点2）。

20

30

40

【0010】 一方、通称「ROMELT法」が、「第1465、166回西山記念技術講座」1997、p149で紹介されている（以下、先行技術2という）。ROMELT法では、予備還元炉を設けず、溶融還元炉単独での大気圧下操業のため、石炭や鉱石を乾燥する必要がない点において、DIOS法にまさる。しかしながら、石炭原単位は少なくとも1250kg/t以上、酸素原単位1000Nm<sup>3</sup>/t以上、そして生成ガス潜熱・頭熱が数G～十Gcal/tと大きくなるので、莫大な酸素製造、及びエネルギー転換設備が必要である（問題点1）。

【0011】 先行技術2においても、炉内二次燃焼を増大させることにより、石炭原単位の減少を見込むことはできるが、先行技術1と同様、炉壁の熱負荷が増大するので、生産性は1t/h/m<sup>2</sup>（炉断面積）前後に制限されている（問題点2）。

【0012】 また、通称FASTMET法やINMETCO法が、第165、166回西山記念技術講座1997、p117で紹介されている（以下、先行技術3という）。先行技術3の方法は、石炭粉と粉鉱石をペレット化した後、ロータリーハース型の炉で金属鉄生成まで還元し、天然ガスでない石炭ベースのDR（直接還元鉄）製造技術として紹介されている。また、MPT International (1997) pp50-61には、粉鉱石と石炭とをペレット化せずにロータリーハース型の炉で直接、DRを製造する技術が紹介されている（以下、先行技術4という）。

50

【0013】 しかしながら、先行技術3や4の製錬方法では、石炭中に0.5～0.6%程度含まれるS成分が、部分的にしか除去されないため、成品であるDR中の[S]濃度が少なくとも0.1%程度残ってしまう。従って、電気炉等のような、直接、鋼を製造する製鋼炉でDRを溶解原料として用いる場合には、溶鋼の脱S処理コストが大変高いということが大きな問題である（問題点3）。従って、製鋼炉における鉄源使用量の100%をDRとすることはできず、製鋼用鉄源の部

分的供給しかできない点が問題である（問題点4）。なお、CAMP-ISIJ（1997）723には、石炭から分離した揮発分で鉱石を予備還元する考え方が紹介されている（以下、先行技術5という）。この報告は、CがCOまで燃焼するまでの燃焼熱をほぼ無視した解析を行なっているため、熱物質収支に不整合がある。また、鉱石還元率が40%前後でさほど高くはなく、また、石炭とチャーとを溶融還元炉で使用する場合の比較が上記熱物質収支不整合のため、適切にはなされていない。

【0014】上述した問題点をまとめると、以下の通りである。

問題点1【先行技術1及び2に対して】：製錬プロセスでの生成ガスの潜熱及び顯熱が極めて大きいので、莫大な酸素製造設備やエネルギー転換設備が必要となり、その設備費用が高額となる。

【0015】問題点2【先行技術1及び2に対して】：小規模な酸素製造設備やエネルギー転換設備で足りるようにするために、二次燃焼率を向上させると、製錬炉の炉壁熱負荷が著しく増大し、炉からのヒートロスが増大すること、及び、水冷構造体を維持するために大量の冷却水を必要とし、非現実的なプロセスになる。

【0016】問題点3【先行技術3及び4に対して】：製鋼炉でDRI（直接還元鉄）を溶解原料として用いる場合には、脱S処理コストが極めて高くなる。

問題点4【先行技術3及び4に対して】：コスト上、DRIでは製鋼用鉄源の部分的供給しかできない。

【0017】従って、この発明の目的は、これらの問題点を解決して、高炉法に代わる溶銑製造技術として、製錬プロセスにおける酸素消費量及びガス発生量を減らし、かくして、設備費用が安価な、金属の溶融還元製錬方法を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】上述した観点から、本発明者等は、金属の溶融還元製錬方法を開発すべく鋭意研究を重ねた。即ち、先行技術1に関する試験結果を詳細に検討し、実験を重ねた。その結果、下記知見を得た。鉄鉱石と炭材とを鉄浴型製錬炉、即ち溶融還元炉に装入しつつ当該炉内に常温ないし予熱された酸素20%以上含有するガスを吹き込んで、溶銑を製造する工程において、溶融還元炉に装入する炭材として、石炭を予め脱揮してチャーを調製し、このチャーを用いると、溶融還元炉における二次燃焼率を従来水準よりも著しく高くしても、炉壁の熱負荷を小さく抑制することができるとの知見を得た。即ち、本発明者等は、溶融還元炉において、炭材として装入する石炭を脱揮して、残留する揮発物質（VM）の含有率を減らした場合に、二次燃焼率の向上に対する炉壁熱負荷がどのように変化するかを明らかにする試験をした。そして、図1に示す結果を得た。

【0019】図1から明らかなように、溶融還元炉に装

入する石炭中の揮発物質含有率を10wt.%未満に減らすと、全く脱揮しなかった石炭（VM:30~45%）を使用した場合と比較して、炉壁熱負荷が著しく軽減する。そして、その軽減の程度は、平均的に約3分の1程度である。

【0020】そこで、本発明者等は、この発明の目的を達成するためには、前述したD IOS法における溶融還元炉へ装入する炭材として、石炭を脱揮して生成するチャーを使用することに着眼した。この着眼に伴い、上記10チャーを、D IOS法における予備還元炉において行なわせることを着想した。そして、予備還元工程において、予備還元率を従来水準よりも向上させると同時に、石炭を脱揮してチャー化する機能をもつ反応炉を、予備還元炉として採用すべきである、との全く新しい着想を得た。

【0021】この発明は、上述した知見と独創的な着想に基づきなされたものである。請求項1記載の金属の溶融還元製錬方法は、予備還元炉に炭材及び酸化物ないし水酸化物鉱石を装入し、前記炭材で前記酸化物ないし水酸化物鉱石を予備還元し、こうして予備還元処理を施された酸化物ないし水酸化物鉱石と、炭材とを、金属浴型製錬炉に装入しつつ、前記金属浴型製錬炉内に常温ないし予熱された酸素20%以上含有するガスを吹き込んで溶融金属を製造する金属の溶融還元製錬方法において、前記予備還元処理を施された酸化物ないし水酸化物鉱石として、下記（イ）の工程で予備還元されたものを用いることに特徴を有するものである。ここで、  
工程（イ）：炭材と酸化物ないし水酸化物鉱石とを直接接触させる機能をもつ反応炉を用い、前記反応炉に炭材及び酸化物ないし水酸化物鉱石を装入し、前記酸化物ないし水酸化物鉱石の少なくとも一部分を金属化するまで還元し、こうして金属化された金属を少なくとも一部含む酸化物ないし水酸化物鉱石を調製する工程。

【0022】請求項2記載の金属の溶融還元製錬方法は、金属浴型製錬炉に炭材及び予備還元処理を施された酸化物ないし水酸化物鉱石を装入しつつ、前記金属浴型製錬炉内に常温ないし予熱された酸素20%以上含有するガスを吹き込んで溶融金属を製造する金属の溶融還元製錬方法において、前記金属浴型製錬炉に装入される、炭材及び前記予備還元処理を施された酸化物ないし水酸化物鉱石のそれぞれに、下記（ロ）の工程で予備還元処理を施された酸化物ないし水酸化物鉱石及び炭材のそれを含ませることに特徴を有するものである。ここで、

工程（ロ）：炭材と酸化物ないし水酸化物鉱石とを直接接触させる機能をもつ反応炉を用い、前記反応炉に炭材及び酸化物ないし水酸化物鉱石を装入し、前記酸化物ないし水酸化物鉱石の少なくとも一部分を金属化するまで還元し、こうして金属化された金属を少なくとも一部含む酸化物ないし水酸化物鉱石と、脱揮されて生成したチ

ヤーを少なくとも一部含む炭材とを調製する工程。

【0023】請求項3記載の金属の溶融還元製鍊方法は、請求項1又は2記載の金属の溶融還元製鍊方法において、前記予備還元炉に装入する前記炭材の量を、前記酸化物ないし水酸化物鉱石の全量が予備還元されて金属化するために化学量論的必要量以上の量とすることに特徴を有するものである。

【0024】請求項4記載の金属の溶融還元製鍊方法は、請求項1～3記載の発明の内、いずれか一つの金属の溶融還元製鍊方法において、前記予備還元炉に装入する前記炭材が、脱揮されて生成したチャーを含んでいることに特徴を有するものである。

【0025】請求項5記載の金属の溶融還元製鍊方法は、請求項1～4記載の発明の内、いずれか一つの金属の溶融還元製鍊方法において、前記予備還元炉が、ロータリーキルン型又はロータリーハース型の反応炉であることに特徴を有するものである。

【0026】請求項6記載の金属の溶融還元製鍊方法は、金属浴型製鍊炉に炭材及び酸化物ないし水酸化物鉱石を装入しつつ、前記金属浴型製鍊炉内に常温ないし予熱された酸素20%以上含有するガスを吹き込んで溶融金属を製造する金属の溶融還元製鍊方法において、前記金属浴型製鍊炉に装入する前記炭材として、予め少なくとも一部が脱揮された炭材を用いることに特徴を有するものである。

【0027】請求項7記載の金属の溶融還元製鍊方法は、請求項6記載の金属の溶融還元製鍊方法において、酸化物ないし水酸化物鉱石を予熱及び／又は予備還元し、得られた予熱及び／又は予備還元された酸化物ないし水酸化物鉱石を、前記金属浴型製鍊炉に装入することに特徴を有するものである。

【0028】請求項8記載の金属の溶融還元製鍊方法は、請求項8記載の金属の溶融還元製鍊方法において、前記金属浴型製鍊炉に装入する前記炭材が、前記予熱及び／又は予備還元時に少なくとも一部が脱揮された炭材を用いることに特徴を有するものである。

【0029】請求項9記載の金属の溶融還元製鍊方法は、請求項7又は8記載の溶融還元製鍊方法において、前記予備還元が、ロータリーキルン型又はロータリーハース型の反応炉を用いて行なうことに特徴を有するものである。

【0030】

【発明の実施の形態】次に、この発明の実施の形態とその実施に伴なう還元反応並びに作用及び効果について説明する。

【0031】(1) 実施態様

【第一実施態様】：図2に、この発明を実施するときに使用する設備の概略フローチャートの一例を示す。同図に示すように、予備還元炉としての予備還元用炭材・鉱石直接接触炉3（例えば、ロータリーキルン又はロータ

10

20

30

40

50

リーハース型炉等であって、溶融還元炉生成ガスを予備還元流動層へ導いて、還元処理を行なわせるような、鉱石周囲の雰囲気が炭材の影響をほとんど受けないような炉を除く）に、原鉱石11並びに原炭材21を連続的に装入し、高カロリー燃料20を供給すると共に、酸素46と予熱された空気50を適宜混合された混合ガスを吹き込んで、原鉱石11を予備還元する。このとき、直接接触炉3に適宜、石灰石や生ドロマイド等の生副原料25を装入する。また、予備還元操業条件（原炭材の供給速度や予備還元温度等）に依存して、原炭材21の脱揮が進行し、チャーとなる。こうして、原鉱石11は予備還元されて所定の還元率を得る。そして、還元率に依存して金属化された鉄を含んだチャー含有還元鉄15が連続的に生成される。

【0032】こうして、直接接触炉3で予備還元されたチャー含有還元鉄15を溶融還元炉1に連続的に装入する。溶融還元炉1へはその他に、焼石灰や軽焼ドロマイド等の副原料26、原炭材21並びに酸素46及び適宜空気を吹き込んで還元鉄を溶融還元製鍊する。溶融還元製鍊に際し、溶融還元炉1へ窒素ガス48を吹き込んで浴攪拌を強化する。こうして、溶融還元炉1内では鉄浴及びスラグ浴が形成され、溶銑36及びスラグ37が排出される。

【0033】一方、図2に示すように、付帯設備として、除塵機53、蒸気回収ボイラー56、発電設備54、及び空気予熱用熱交換器58が設けられており、溶融還元炉1から排出される生成ガス31、及び予備還元用炭材・鉱石直接接触炉3から排出される発生ガス32を処理する。生成ガス31及び発生ガス32からは、除塵された回収ダスト38が溶融還元炉1へリサイクルされ、ガス顯熱は蒸気回収ボイラー56で熱回収される。また、発生ガス32はガスホルダー52に貯留され、発電設備54に供給されて発電される。

【0034】〔第二実施態様〕：図6に、この発明を実施するときに使用する設備の概略フローチャートの他の例を示す。同図に示すように、この設備例は、予備還元炉が設けられていない場合である。但し、炭材脱揮炉5が設けられている。炭材脱揮炉5には、原炭材21が装入され、高カロリー燃料20を供給すると共に、酸素46と予熱された空気50を適宜混合したガスを吹き込んで、原炭材21を脱揮する。そして、溶融還元炉1には、脱揮炭材22を装入すると共に、原鉱石11を連続的に装入し、その他に、石灰石や生ドロマイド等の生副原料25を装入する。そして上記脱揮炭材22で酸素46と予熱された空気50とが適宜混合されたガスを吹き込んで原鉱石11を溶融還元製鍊する。溶融還元製鍊に際し、溶融還元炉1へは、適宜窒素ガス48を吹き込んで浴攪拌を強化する。こうして、溶融還元炉1内では鉄浴及びスラグ浴が形成され、溶銑36及びスラグ37が排出される。

【0035】一方、図6に示すように、付帯設備として、除塵機53、蒸気回収ボイラー56、発電設備54、及び空気予熱・熱風製造用熱交換器58が設けられており、溶融還元炉1から排出される生成ガス31、及び炭材脱揮炉5から排出される脱揮炉生成ガス33を処理する。生成ガス31及び脱揮炉生成ガス33からは、除塵機51で捕捉された回収ダスト38が溶融還元炉1へリサイクルされる。溶融還元炉1から排出される生成ガス31のガス顯熱は蒸気回収ボイラー56で熱回収される。また、脱揮炉生成ガス33はガスホルダー52に貯留され、発電設備54に供給されて発電される。

【0036】〔第三実施態様〕：図7に、この発明を実施するときに使用する設備の概略フローチャートの他の例を示す。同図に示すように、この設備例には、予備還元炉として、予熱・予備還元流動層2が設けられており、ここで原鉱石11がチャー含有予備還元鉱石14に還元され、溶融還元炉1に装入される。溶融還元炉1には、その他に、焼石灰や軽焼ドロマイト等の副原料26が装入され、炭材脱揮炉5で脱揮された脱揮炭材22が装入され、酸素46を吹き込んで溶融還元製錬する。この際、窒素ガス48を吹き込んで浴攪拌を強化する。こうして、溶融還元炉1内では鉄浴及びスラグ浴が形成され、溶銑36及びスラグ37が排出される。付帯設備として、除塵機53、蒸気回収ボイラー56及び発電設備54が設けられており、第二実施態様と類似している。

【0037】〔第四実施態様〕：図8に、この発明を実施するときに使用する設備の概略フローチャートの他の例を示す。同図に示すように、この設備例は、図7で説明した第三実施態様における、予熱・予備還元流動層2の代わりに予備還元用炭材・鉱石直接接触炉3を設け、この直接接触炉3への装入鉱石として、炭材脱揮炉5で脱揮した脱揮炭材(チャー)22と原炭材11とを使用するものであり、その他の設備内容は第三実施態様に準じたものである。

【0038】(2) 還元反応、作用及び効果  
はじめに、この明細書で用いた語句の定義をする。

〔二次燃焼率〕：二次燃焼率とは、溶融還元炉の炉口ないしフード・ダクト部分で計測し得るガス酸化度をいう。

二次燃焼率(%) = SRF炉口部近傍ガス酸化度(%)  
ガス酸化度(%) =  $\{ (CO_2 + H_2O) / (CO + C O_2 + H_2 + H_2O) \} \times 100$

通常は、溶融還元炉浴部のガス酸化度は、炉口部より高いが、実測することは困難であるため、上記の定義とする。

【0039】二次燃焼率は、 $CO \rightarrow CO_2$ 、 $H_2 \rightarrow H_2O$ に燃焼した割合であり、ガス酸化度には付着水分が蒸発した $H_2O$ や、分解生成 $CO_2$ も分子に含むため、厳密には異なるものである。SRF浴部のガスは、その上部ガス空間で、炭材の揮発分や飛散ダスト中の炭素によ

り改質されて、ガス酸化度が浴部と比べ、SRF炉口では最大で10%前後下がることがある。

【0040】〔炭材〕：炭材とは、炭素含有物質であって、いわゆる石炭、コークス、チャー、オイルコークス、RDFや廃プラスティック等の廃物燃料等の固形物以外に、重油、炭化水素含有物を含む。

【0041】〔高カロリー燃料〕：高カロリー燃料とは、重油やプロパンガス等少なくとも $2500 \text{ kca l} / \text{Nm}^3$ 以上のカロリーを有する燃料を指すものとする。

【0042】〔鉱石を金属化させるに必要な化学量論的炭材量〕：実施例2～4におけるような、予備還元炉に鉱石を金属化させるに必要な化学量論的炭材量より過剰に炭材を加えるに際しては、予備還元炉生成物中のC濃度を少なくとも5%以上、望ましくは10%以上とすべきである。溶融還元炉での必要炭素量は、二次燃焼率が低いほど多く必要となるわけであるが、少なくとも、予備還元炉生成物中C濃度が、40%を超えることはなく、通常、30%以下程度が望ましい。

【0043】溶融還元炉の操業中における炉壁熱負荷は、炉内の二次燃焼率増大に伴ない、増大するが、これは、主として高温ガスからの輻射伝熱によるものと考えられている。ガス中の輻射には、 $H_2O$ 、 $CO_2$ 、 $CO$ が影響大であり、 $N_2$ や $H_2$ はほとんど無視できる程度の影響しかない。上記の3成分中でも特に $H_2O$ の影響が大であることは、化学工学便覧等文献に記載された輻射係数をみると予想できるが、本発明者等は、溶融還元炉内のような高温含塵ガス中で実際にその寄与率を確認することができた。それらの検討結果より、石炭中揮発分(VM)が少なくとも10%未満となるレベルまで脱揮することにより、溶融還元炉内での炉壁熱負荷に及ぼす二次燃焼の影響を従来の半減レベルまで低減することができることを見出した(図1参照)。

【0044】上記結果は、石炭中に通常5%前後含まれる水素分によりガス中に少なくとも10%以上、通常20%前後は存在するためあり、原料・燃料に付着している水分の影響はその十分の1以下程度である。

【0045】石炭、特に一般炭とよばれる非粘結炭中に通常含まれる水素分は、高温にさらすことにより、揮発分として1%以下までほとんど除去可能であり、炉壁熱負荷の点で、溶融還元炉の二次燃焼率は、30%からせいぜい40%強とまりであったのに対し、本方法を適用することにより、二次燃焼率を40%以上～80%程度までは、それほどヒートロスの増大を招かず、操業できる効果が得られ、石炭原単位、酸素原単位の低減、設備費低減を可能とすることことができた。

【0046】これらの原単位や設備費低減を更に改善するためには、石炭の脱揮を1200°C前後の高温雰囲気下で、鉱石との混合下で行うと、鉱石は必然的に金属鉄を生成し、金属化率60%以上、通常80～90%程度

のものが容易に得られる。そして、この際、鉱石と混合する石炭の割合を鉱石の金属化に必要な量より過剰にし、次の溶融還元炉での必要炭材量に見合うものとしておくことにより、前述の石炭脱揮による二次燃焼増大の効果と、流動層での鉱石還元よりはるかに高い鉱石還元率の獲得による石炭原単位・酸素原単位の低減は、当初のプロセスでの値の $1/2 \sim 1/3$ にまで達する。ただし、この場合、溶銑[S]濃度は、0.1%ないしそれ以上に増大してしまうことはいなめない。しかし、溶融還元炉は、あくまで溶銑製造プロセスであり、製造溶銑の脱Sは、いわゆるKR法等の溶銑脱硫法により容易にかつ安価に実施できる。もちろん、もし[S]レベルが0.1%程度の溶銑を成品として[S] = 0.01%とするには、まさに莫大な処理コスト(数千円/tレベル)が耐火物やフランクス費用として必要となるので、プロセスが成立しないと考えられる。これに対して、溶銑より温度が低く、効率的精錬が行える溶銑段階では、その十分の1以下の費用で現実的な処理が可能である。従って、この発明による溶銑供給により、高炉代替鉄源を100%供給することが可能になるという効果が得られる。

## 【0047】

【実施例】次に、この発明を、実施例によって更に詳細に説明する。試験に使用した設備フローは、実施の形態で述べたものに準じたものを用いた。予備還元炉は、ロータリーキルン、ロータリーハース、及び流動層型炉を使用した場合、予備還元炉は使用せずに炭材脱揮炉を使用した場合、並びに、炭材脱揮炉とロータリーキルンとの両方を用いた場合について試験した。そして、溶融還元炉における二次燃焼率を各種水準に設定し、予備還元炉における還元率を各種水準に変化させた鉱石を溶融還元炉に装入し、また、脱揮水準を変化させた石炭を使用した。

【0048】表1～4に、本発明の範囲内の条件による実施例1～10、及び、本発明の範囲外の条件による比較例1～3についての試験条件の詳細を示す。また、各試験における設備フローチャートを、図2～10に示す。試験No.と設備フローチャート(図No.)との対応関係は次の通りである。また、表5に、試験に用いた鉱石及び石炭についての平均的品位及び低品位のものの分析結果を示す。上記試験結果を、表1～4に併記して示

す。また、図12に、実施例及び比較例の結果をプロットした。

実施例1 : 図3

実施例2～4 : 図2

実施例5 : 図4

実施例6 : 図5

実施例7 : 図6

実施例8～9 : 図7

実施例10 : 図8

10 比較例1～2 : 図9

比較例3 : 図10

実施例8及び9は、比較例2において、炭材を脱揮した後、溶融還元炉へ装入したものである。但し、実施例8は、脱揮した炭材を室温近傍の温度で溶融還元炉へ装入した例であるが、実施例9は、脱揮後の炭材を冷えないように保温したまま、溶融還元炉へ装入したものであり、チャーのホットチャージによる熱利得が大きいことを示している。

【0049】比較例3、実施例6、7(図10、図5、図6)においては、溶融還元炉の搅拌用窒素ガスをなくし、代わりに、空気又は熱風を吹込み、酸素濃度の低いガスで炭材燃焼を行なうので、溶融還元炉内のスラグ一メタル流動で生成する粒鉄等のメタル中C分によるCO<sub>2</sub>ガスの再還元等がないため、高二次燃焼をより得ら易い条件である。特に、実施例7(図6)においては、予熱空気を用いていることから、予熱温度が高いほど、溶融還元炉内の酸素原単位、炭材原単位を低減させ得る効果が大となる。

【0050】比較例1は、通常、高炉等でも使える原燃料(石炭は一般炭)の平均レベルであるが、比較例2、3と実施例はすべて、炭材・酸素原単位上不利な低品位の鉱石及び低品位の石炭である。勿論、高品位の原燃料を用いれば、本方法はより効果的であることはいうまでもない。

【0051】実施例においては、溶融還元炉における二次燃焼率及び予備還元率共に高くすることができる。そして、二次燃焼率及び/又は予備還元率を高くすることができたので、酸素原単位及びガス発生量を低減させることができる。

【0052】

【表1】

表1 SRF:溶融還元炉 PRF:予熱・予燃還元炉

項目	実験例					比較例		
	1	2	3	4	5	1	2	3
<b>原・燃料条件</b>								
鉱石 T. Fe	%	57	57	57	57	57	63	57
鉱石 CaO	%	1	1	1	1	0	1	1
鉱石 SiO <sub>2</sub>	%	4	4	4	4	4	2	4
鉱石 付着水	%	9	9	9	9	9	6	9
石炭 VM	%	44	44	44	44	44	30	44
石炭 Ash	%	5	5	5	5	5	10	6
石炭 真空熱量 kcal/kg		6500	6500	6500	6500	6500	7200	6500
石炭 トータル水分 %		21	21	21	21	21	7	21
<b>PRF: SRFガスの導入</b>								
PRF	ローリーハース	キルン	ローリーハース	ローリーハース	ローリーハース	直結	直結	なし
処理中鉱石温度 °C	1000	1200	950	1250	1200	780	760	—
条件 通元率 RD %	87	87	73	97	93	26	25	—
金属化率 %	80	80	60	95	75	0	0	—
二次燃焼率 %	30	30	29	30	40	38	30	50
装入炭材平均VM %	39	7	9	5	3	40	40	40
SRF 装入炭材平均温度 °C	50	800	730	800	800	40	40	40
条件 鉱石導入温度 °C	750	800	730	800	800	770	740	25
溶鉄温度 °C	1510	1510	1510	1510	1510	1500	1510	1510
溶鉄 [C] %	3.2	3.2	3.5	3.3	3.2	3.5	3.2	3.3
スラグ 基礎	—	1.0	1.0	1.2	1.1	1.1	1.2	1.0

【0053】

40 【表2】

表2

		実施例						比 較 例		
原・燃料条件		6	7	8	9	10	1	2	3	
鉱石	T. Fe %	57	57	1	1		63	57	57	
鉱石	CaO %	1	1				0	1	1	
鉱石	SiO <sub>2</sub> %	4	4				2	4	4	
鉱石	付着水 %	9	9				6	9	9	
石炭	VM %	44	44				30	44	44	
石炭	Ash %	5	5				10	5	5	
石炭	真発熱量 kcal/kg	6500	6500				7200	6500	6500	
石炭	トータル水分 %	21	21				7	21	21	
PRF	炉の形式	キルン	なし	流动層	流动層	キルン	流动層	流动層	なし	
	SRFガスの導入	なし	-	直結	直結	なし	直結	直結	-	
燃焼条件	処理中鉱石温度 °C	1000	-	750	750	1000	780	750	-	
	還元率 RD %	83	-	25	25	73	26	25	-	
SRF	金属化率 %	76	-	0	0	60	0	0	-	
	二次燃焼率 %	95	60	30	30	30	38	30	50	
燃焼条件	導入炭材平均VM %	1	2	3	3	1	40	40	40	
	導入炭材平均温度 °C	750	640	25	640	750	40	40	40	
SRF	鉱石導入温度 °C	750	25	740	740	750	770	740	25	
	溶鉄温度 °C	1610	1510	1510	1510	1510	1500	1510	1510	
燃焼条件	溶鉄 [C] %	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.2	3.3	
	スラグ 塩基度	-	1.3	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	

【0054】

40 【表3】

表3 SRF:溶融還元炉 PRF:予熱・予燃還元炉

項目	実施例				比較例			
	1	2	3	4	5	1	2	3
鉱石原単位 kg/t	1740	1740	1740	1740	1740	1510	1740	1740
原料								
脱揮炉投入石炭 kg/t	0	0	0	0	0	0	0	0
PRF投入チヤー kg/t	0	0	0	0	0	0	0	0
燃料								
PRF投入石炭 kg/t	460	1020	1180	920	1000	0	0	0
SRF投入チヤー kg/t	20	300	380	230	290	0	0	0
その他								
SRF投入石炭 kg/t	540	0	0	0	0	730	1350	2000
消費石炭合計 kg/t	1000	1020	1180	920	1000	730	1300	2000
結果原単位	Nm3/t	410	230	270	190	230	480	860
燃料ガス原単位	Nm3/t	100	100	200	100	100	200	0
副原料原単位	kg/t	70	70	76	73	73	200	70
SRF炉壁熱負荷	Mcal/m <sup>2</sup> /h	130	130	130	130	160	300	250
溶鉄生産量・インチクス %	210	370	320	450	370	180	100	63
生成スラグ原単位	kg/t	440	450	450	440	450	330	480
主・副燃焼炉生成ガス量	Nm3/t	—	—	—	—	—	—	—
脱揮炉回収熱	Mcal/t	—	—	—	—	—	—	—
生成物								
SRF生成ガス量	Nm3/t	1620	1030	1180	920	1020	1500	3100
回収ガス潜熱	Mcal/t	2060	930	1220	710	—	—	7600
PRF生成ガス量	Nm3/t	880	1440	1600	1380	2440	1500	3100
回収ガス潜熱	Mcal/t	200	1600	2000	1450	3500	2000	5000
回収ガス潜熱合計	Mcal/t	2260	2530	3220	2160	780	2000	5000
参考	SRF + 炭材 低金属化率 高金属化率	SRF直結 + 過元鉄 チヤー化			SRF直結 + 高二次燃焼 高金属化率	DIOS法 平均的 原燃料	DIOS法 低品位鉱石 低品位石炭	ROMELT法 低品位鉱石 低品位石炭
備考								

表 4

項 目	単位	実 施 例						出 給 例
		6	7	8	9	10	11	
原料	鉱石原単位 kg/t	1740	1740	1740	1740	1740	1740	1740
・ 燃料	脱揮炉装入石炭 kg/t	0	1320	2000	1600	1640	0	0
	PRF装入チャーチ kg/t	0	0	0	0	820	0	0
	PRF装入石炭 kg/t	840	0	0	0	0	0	0
	SRF装入チャーチ kg/t	210	660	1000	800	380	0	0
	SRF装入石炭 kg/t	0	0	0	0	0	730	1300
・ その他	消費石炭合計 kg/t	840	1320	2000	1600	1640	730	2000
融糸原単位	Nm3/t	200	560	700	580	270	480	860
機械ガス原単位	Nm3/t	0	0	200	200	200	150	200
副原料原単位	kg/t	77	77	77	77	76	200	70
SRF 炉量熱負荷 Mcal/m <sup>2</sup> /h		300	180	100	100	130	300	250
・ 液鉄生産量インデックス %		430	150	120	150	320	180	100
生成スラグ原単位	kg/t	440	440	440	440	440	330	480
脱揮炉生成ガス量 Nm3/t		—	1320	2000	1600	1640	—	—
脱揮炉回収熱 Mcal/t		—	3300	6000	4000	4100	—	—
生成物	SRF生成ガス量 Nm3/t	900	1460	2500	2000	1180	1500	3100
	回収ガス潜熱 Mcal/t	50	1310	—	—	1220	—	—
	PRF生成ガス量 Nm3/t	1260	—	2500	2000	1640	1500	3100
	回収ガス潜熱 Mcal/t	1150	—	4000	3200	2100	2000	5000
	回収ガス潜熱合計 Mcal/t	50	4610	9000	7200	7420	2000	5000
備 考		超高 二次燃焼	超高 二次燃焼	チャーチ コールチャーチ	チャーチ SRF PRF ホリチャーチ	チャーチ SRF PRF ホリチャーチ	DIOS法 平均的 原燃料	ROMELT法 低品位鉱石 低品位石炭 低品位石炭

【0056】

40 【表5】

表 5

銘 柄		平均的	低品位の例
鉱石 成分	T. Fe %	63	57
	CaO %	0	1
	SiO <sub>2</sub> %	2	4
	lg Loss %	2	8
	付着水 %	6	9
石炭 元素 分析	VM %	30	40
	Ash %	10	5
	FC %	60	55
	T. S %	0.5	0.2
	C %	73	73
石炭 元素 分析	H %	5	5
	N %	2	2
	O %	10	15
	真発熱量 kcal/kg	7200	6500
	付着水 %	3	3
トータル水分 %		7	21
備 考		比較例1	その他

【0057】上記試験は、鉄鉱石の溶融還元についての結果であるが、これが、Ni, Cr, Mn等の金属・金属酸化物の場合も同様に本発明方法の実施は有効である。

#### 【0058】

【発明の効果】以上述べたように、この発明によれば、予備還元炉に炭材及び酸化物ないし水酸化物鉱石を装入し、炭材で酸化物ないし水酸化物鉱石を予備還元し、こうして予備還元処理を施された酸化物ないし水酸化物鉱石と、炭材とを、金属浴型製錬炉に装入しつつ、前記金属浴型製錬炉内に常温ないし予熱された酸素20%以上含有するガスを吹き込んで溶融金属を製造する金属の溶融還元製錬方法において、消費酸素量を低減させ、しかも酸素原単位及びガス発生量を低減させることができ。また、鉱石の予備還元を行なわない場合でも、溶融還元炉での二次燃焼率を高くし、炭材としてチャーを用いれば、消費酸素量及びガス発生量を抑制することができる。その結果、設備費の安価な金属の溶融還元製錬方法を提供することができ、工業上有用な効果がもたらされる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】溶融還元炉の炉壁熱負荷と二次燃焼率との関係に及ぼす炭材の脱揮度の影響を示すグラフである。

【図2】実施例2～4で用いた設備フロチャートである。

#### 【図3】実施例1で用いた設備フロチャートである。

#### 【図4】実施例5で用いた設備フロチャートである。

#### 【図5】実施例6で用いた設備フロチャートである。

【図6】実施例5で用いた設備フロチャートである。

【図7】実施例8～9で用いた設備フロチャートである。

【図8】実施例10で用いた設備フロチャートである。

【図9】実施例1～2で用いた設備フロチャートである。

【図10】実施例3で用いた設備フロチャートである。

【図11】従来の各種溶銑製造法における二次燃焼率と予備還元率との関係領域を示すグラフである。

【図12】実施例及び比較例の試験結果を示すグラフである。

#### 【符号の説明】

- 1 溶融還元炉
- 2 予熱・予備還元流動層炉
- 3 予備還元用炭材・鉱石直接接触炉
- 5 炭材脱揮炉
- 6 副原料焼成炉
- 11 原鉱石
- 12 予備還元鉱石
- 13 予備還元鉄
- 14 チャー含有予備還元鉱石
- 15 チャー含有還元鉄
- 20 高カロリー燃料
- 21 原炭材
- 22 脱揮炭材(チャー)
- 25 生副原料
- 26 副原料
- 31 溶融還元炉生成ガス

30

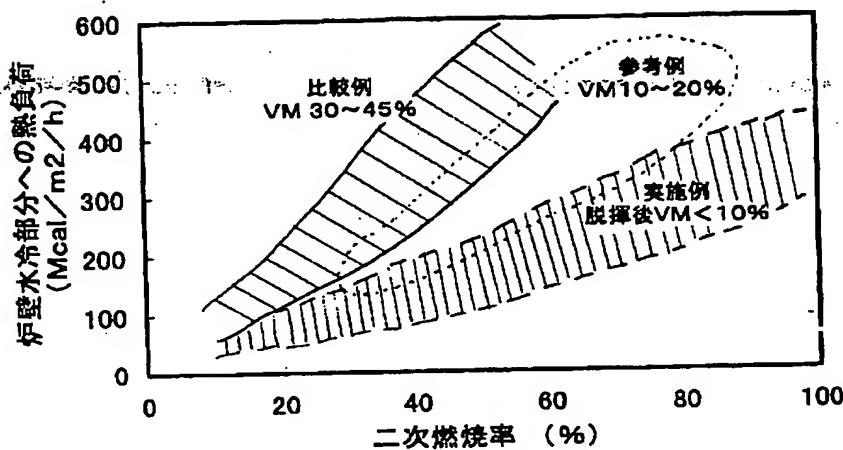
40

50

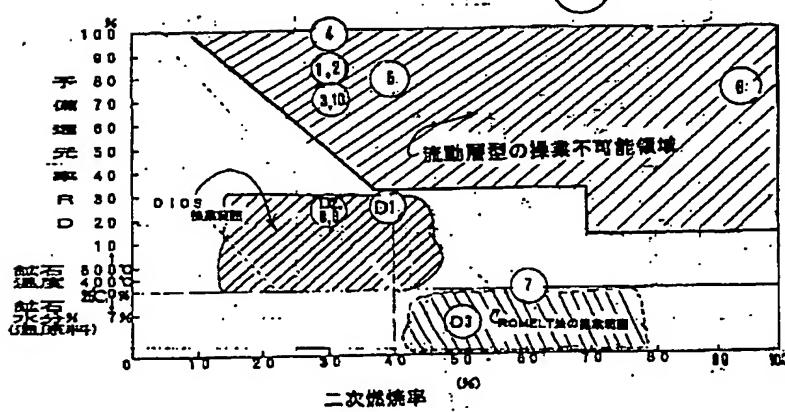
3 2	予備還元炉発生ガス	4 9	ガスカロリー調整用燃料
3 3	脱揮炉生成ガス	5 0	熱風
3 4	回収ガス	5 1	除塵機
3 5	回収蒸気	5 2	ガスホルダー
3 6	溶銑	5 3	昇圧機
3 7	スラグ	5 4	発電設備
3 8	回収ダスト	5 6	蒸気回収ボイラー
4 6	酸素	5 7	ガス大気放散
4 7	空気	5 8	熱交換器
4 8	窒素	10 6 0	ガス処理設備

〔図1〕

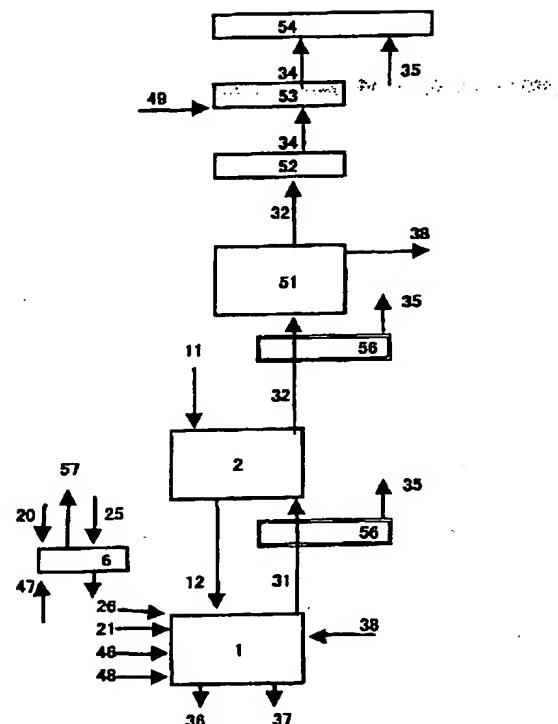
(图 9)



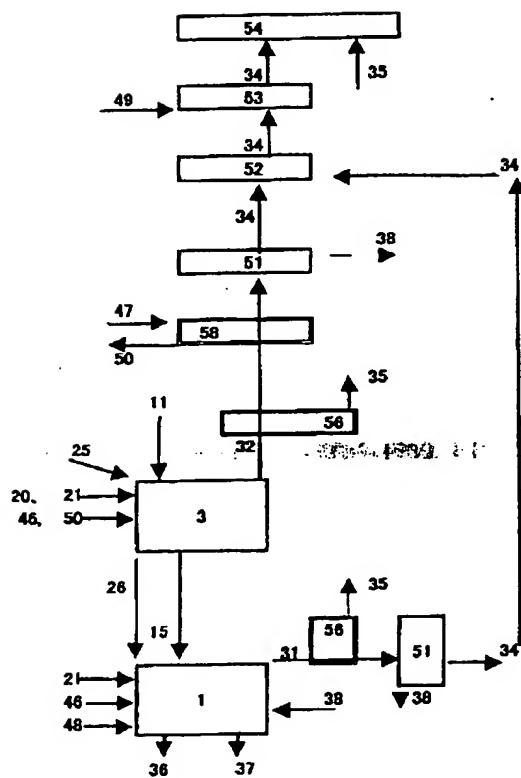
[図12]



### 比較例1、比較例2のフロー図

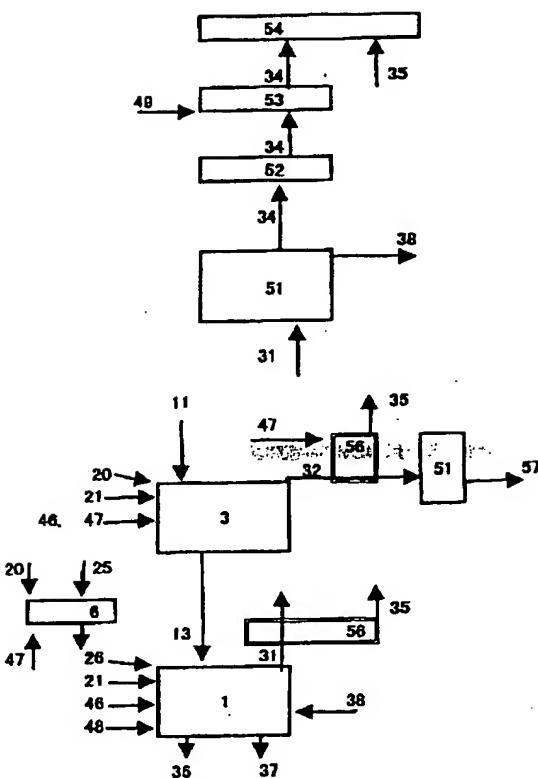


【図2】



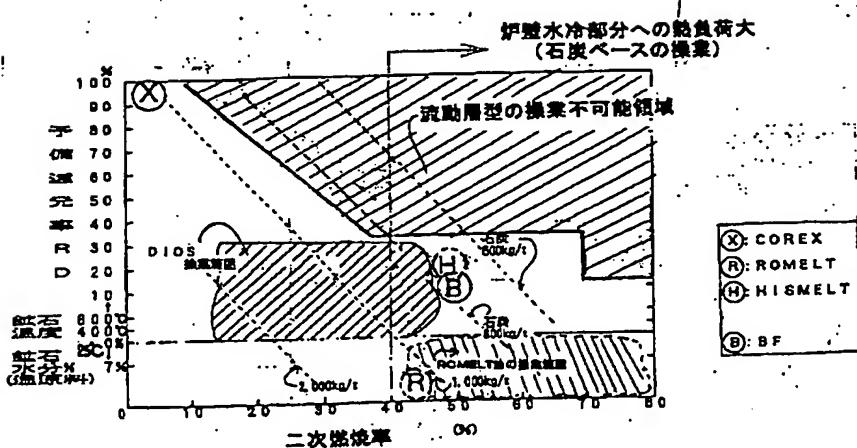
実施例2、実施例3、実施例4のフロー図

【図3】

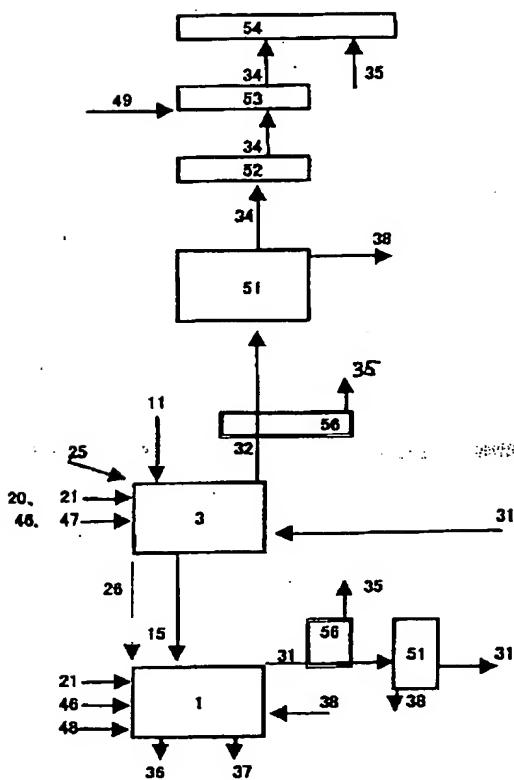


実施例1のフロー図

【図11】

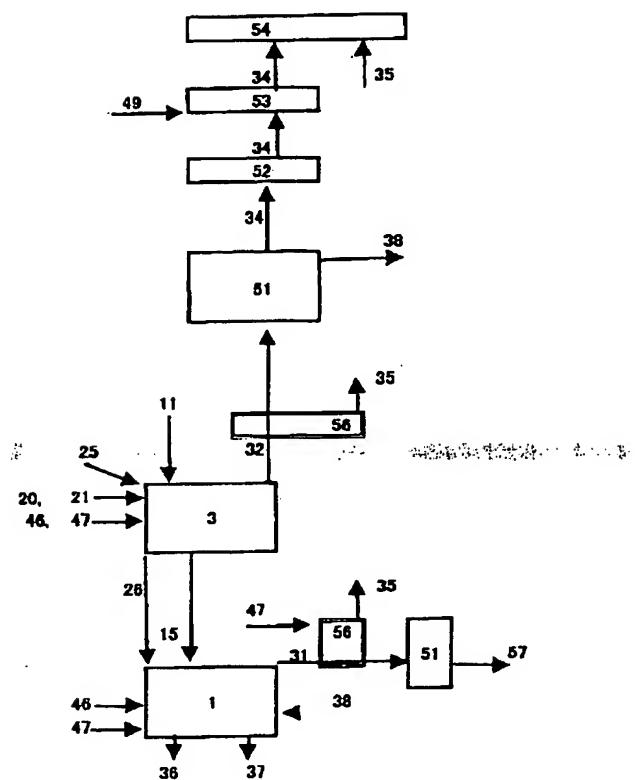


【図4】



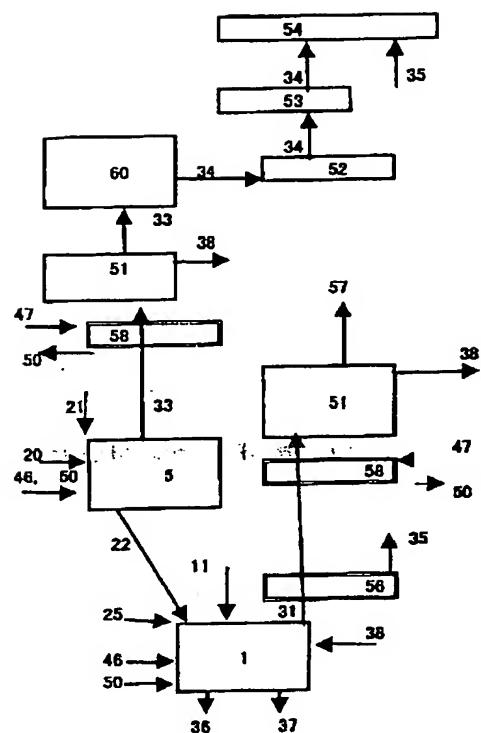
実施例5のフロー図

【図5】



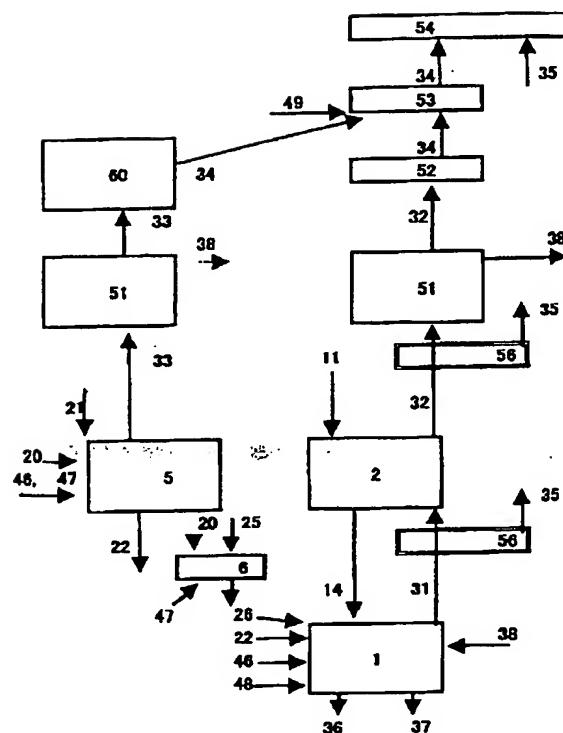
実施例6のフロー図

【図6】



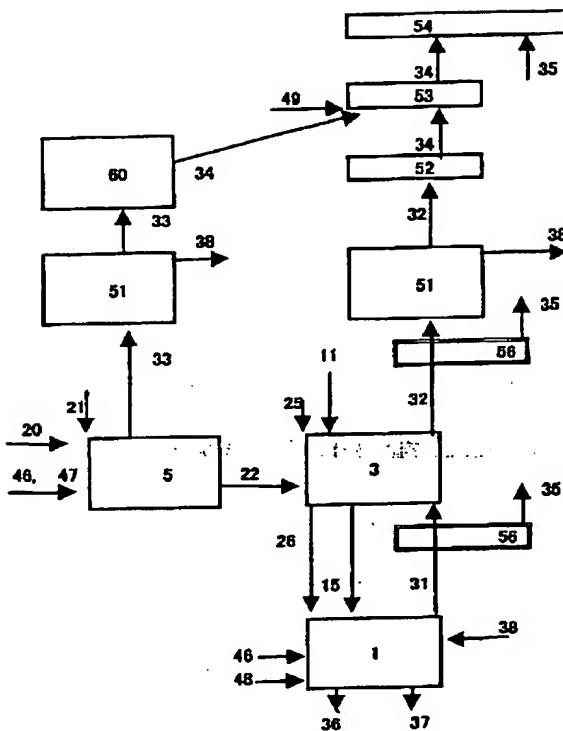
実施例7のフロー図

【図7】



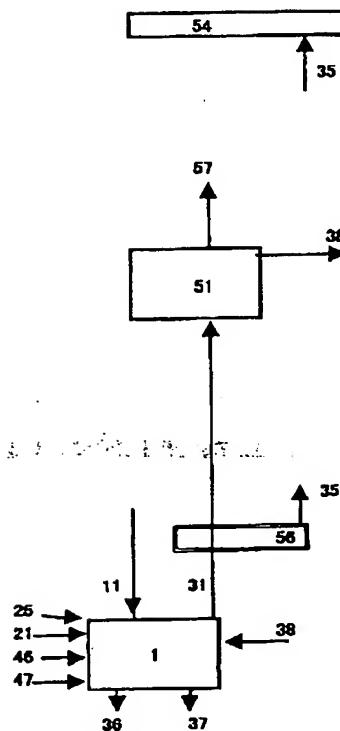
実施例8、実施例9のフロー図

[図 8]



### 実施例10のフロー図

〔図10〕



### 比較例3のフロー図

## フロントページの続き

(72) 発明者 澤田 輝俊  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本钢管株式会社内

(72) 発明者 関口 毅  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本钢管株式会社内

(72) 発明者 渡部 雅之  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本钢管株式会社内